

# 引用例3

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-99997

(P2000-88997A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000.4.7)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F 1	チャート (参考)
G 1 1 B 7/24	6 6 5	G 1 1 B 7/24	6 6 5 A 5 D 0 2 9
7/004		7/00	6 2 6 Z 5 D 0 9 0

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-268423  
(22) 出願日 平成10年9月22日 (1998.9.22)

(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区瀬川町72番地  
(72) 発明者 柏原 博  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内  
(74) 代理人 100068479  
弁護士 鈴木 武彦 (外6名)  
Fターム (参考) 5D029 WC05 WC08 FC09 FC10 WD10  
WD11  
5D090 AA01 BB02 CC04 DD03 DD05  
FF17 GG05

## (54) 【発明の名称】 光ディスクおよび光ディスク装置

### (57) 【要約】

【課題】 PRML方式の採用により達成される高密度化分のトラック密度方向および線密度方向への最適な割り振りにより、現行DVDに比べてビームスポットの縮小分以上に高密度化された光ディスクを提供する。

【解決手段】 d制約D、符号化効率Rの変調符号を用いてトラック密度TP (μm/トラック)、線密度BP (μm/トラック) で情報が記録された光ディスク1から、波長λ (μm) のレーザダイオード3からの再生用光ビームを開口径NAの対物レンズ6を含む光学系とPRML方式の再生信号処理系10を用いて情報の再生を行う光ディスク装置において、

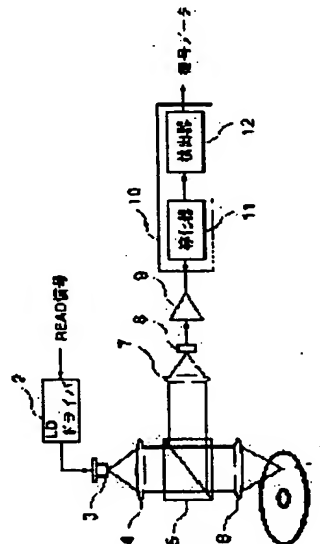
【数1】

$$\frac{TP}{BP} \geq \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{R}} \cdot \frac{1}{NA}$$

$$\frac{TP}{BP} \geq \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{R}} \cdot \frac{1}{NA}$$

$$\frac{TP}{BP} \geq \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{R}} \cdot \frac{1}{NA}$$

の条件を満たすように光ディスク1を構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 d 制約 D、符号化効率 R の変調符号を用いてトラック密度 TP (μm/トラック)、線密度 BP (μm/ビット) で情報が記録された光ディスクであって、波長 λ (μm) の再生用光源および開口数 NA の対物レンズを含む光学系と、PRML 方式による再生信号処理系で情報を再生する光ディスクであって、

【数 1】

$$TP > \frac{1}{2NA}$$

$$BP > \frac{1}{2(D+1)R} \cdot \frac{1}{2NA}$$

$$TP \cdot BP \leq 0.135 \cdot \left( \frac{1}{NA} \right)^2$$

$$0.361 \leq \frac{BP}{TP} < \frac{1}{(D+1)R}$$

の条件を満たすことを特徴とする光ディスク。

【請求項 2】 d 制約 D、符号化効率 R の変調符号を用いてトラック密度 TP (μm/トラック)、線密度 BP (μm/ビット) で情報が記録された光ディスクであって、波長 λ (μm) の再生用光源および開口数 NA の対物レンズを含む光学系と、PRML 方式による再生信号処理系で情報を再生する光ディスクであって、

【数 2】

$$TP > \frac{1}{2NA}$$

$$BP > \frac{1}{2(D+1)R} \cdot \frac{1}{2NA}$$

$$TP \cdot BP \leq 0.135 \cdot \left( \frac{1}{NA} \right)^2$$

$$0.361 \leq \frac{BP}{TP} < 0.451$$

の条件を満たすことを特徴とする光ディスク。

【請求項 3】 前記変調符号として d 制約が 1 のランレングス符号を用いて情報がビット系列として記録されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光ディスク。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載の光ディスクと、

この記録された情報を再生するために波長 λ (μm) の再生用光源および開口数 NA の対物レンズを含む光学系と、PRML 方式による再生信号処理手段とを備えることを特徴とする光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、情報を高密度に記録した光ディスクおよび該光ディスクに記録された情報を再生するための光ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 直径 12cm の光ディスクの片面に MP E G 2 による圧縮画像情報を 2 時間分以上録画したいという要求から、DVD システムが商品化されている。DVD 規格ではディスクの記憶容量は片面で 4.7GB であり、トラック密度は 0.74 μm/トラック、線密度は 0.267 μm/ビットである。以後、この規格に基づく DVD を現行 DVD と呼ぶ。

【0003】 DVD のような光ディスクに記録された情報の再生は、光ヘッドを用いて行われる。光ヘッドにおいては、LD (レーザーダイオード) から出射される光ビームが対物レンズにより光ディスクのトラック上のビット系列に集光され、光ディスクで反射された光ビームは、集光レンズで光検出器に集光され、再生信号が得られる。この光検出器からの再生信号は再生信号処理系に入力され、等化器で波形等化を受けた後、検出器でデータの復号が行われる。DVD 規格の場合、光ヘッド中の LD の波長は 0.65 μm、対物レンズの開口数 NA は 0.6 である。

【0004】 現行 DVD システムでは、再生信号処理方式として波形スライス方式が一般に用いられている。この波形スライス方式について、図 4 の動作波形図を用いて説明する。光ディスクには、記録すべき情報である図 4 (a) に示す記録データに対応する図 4 (b) に示す記録波形に従って、図 4 (c) に示すようにビット系列が形成されている。

【0005】 このようにして光ディスクに記録された情報を再生する場合、光ディスク上に光ヘッド内の LD から再生用光ビームが図 4 (c) 中に斜線で示すような微小なビームスポットとして照射され、ビット系列が読み出されることにより、再生信号が得られる。この再生信号の波形 (再生波形) は、記録再生系の特性から図 4 (b) の記録波形のような矩形波とはならず、図 4 (d) に示すように鈍った波形として得られる。

【0006】 そこで、等化器では再生波形に対して図 4 (e) に示すように等化波形とある設定された閾値 (一点鎖線で示す) との交点がウインドウの中心になるような波形等化が施される。具体的には、再生信号の高周波成分の増幅が行われる。検出器では、図 4 (f) に示すように等化波形と閾値との交点を検出し、ウインドウ内で交点が検出されれば“1”、検出されなければ“0”として 2 値データを出力する。そして、この交点検出により得られた 2 値データに NRZ 変換を施すことにより、図 4 (g) に示すように復号データが得られる。

【0007】 光ディスクでは、更なる高密度化が常に要求されており、例えば現行 DVD システムに対して、直径 12cm のディスク片面に高精細映像を 2 時間分以上

録画可能な高精細DVDシステムの開発が現在進められている。高精細DVDに求められる記憶容量は15GB/面であり、現行DVDに比べて3.19 (= 15/4.7) 倍の高密度化が必要である。

【0008】高精細DVDを実現するための光ディスクの高密度化技術として、ビームスポットの縮小が挙げられる。ビームスポットの大きさは、レーザの波長に比例し、対物レンズの開口数に反比例する。高精細DVDシ

ステムで使用するレーザの波長を $\lambda$  ( $\mu\text{m}$ )、対物レンズの開口数をNAとすると、高精細DVDシステムにおけるビームスポットの大きさは、現行DVDシステムにおけるビームスポットの大きさを1として、次式で与えられる。

【0009】

【数3】

$$\left\{ \frac{\lambda}{0.65} \cdot \frac{0.65}{NA} \right\}^2 = 0.85 \cdot \left\{ \frac{\lambda}{NA} \right\}^2 \quad (1)$$

【0010】式(1)において、0.65および0.6は現行DVDシステムにおけるレーザ波長および対物レンズ開口数をそれぞれ表す。具体的には、高精細DVDシステムでは青色レーザ (波長0.41 $\mu\text{m}$ )、開口数0.6の対物レンズを有する光学系が有力視されており、これらの数値を式(1)の $\lambda$ 、NAに代入すると、 $0.65 \cdot (0.41/0.6)^2 = 0.397$ である。つまり、ビームスポットの縮小により達成される光ディスクの高密度化率は、2.52 (= 1/0.397) 倍であり、高精細DVDの記憶容量を達成するため

には、ビームスポットの縮小の他に約1.25倍 (~ 3.2/0.397) の高密度化が必要である。言い換えると、高精細DVDシステムで使用するレーザ波長を $\lambda$  ( $\mu\text{m}$ )、対物レンズ開口数をNA、高精細DVDのトラック密度をTP ( $\mu\text{m}/\text{トラック}$ )、線密度をBP ( $\mu\text{m}/\text{ビット}$ ) として、次式で表される記録密度 (面記録密度) TP・BPを達成しなければならない。

【0011】

【数4】

$$TP \cdot BP \leq \frac{1}{1.25} \cdot 0.74 \cdot 0.207 \cdot 0.85 \cdot \left\{ \frac{\lambda}{NA} \right\}^2$$

$$= 0.136 \left\{ \frac{\lambda}{NA} \right\}^2 \quad (2)$$

【0012】ここで、現行DVDシステムと同じ光学系を用いて現行DVDに比べ1.25倍高密度化した高精細DVDのような光ディスクを再生する場合の問題点を考えてみる。

【0013】トラック密度が高くなると、再生信号にはクロストーク成分と呼ばれる信号劣化成分が多く含まれることとなる。一方、線密度が高くなると、再生波形はより鈍った波形となる。等化器では、前述したように再生信号の高周波成分の増幅が行われるので、入力する再生波形がより鈍っている場合には、高周波成分をより増幅する必要がある。その結果、等化器はこうした信号劣化成分までも増幅させることとなる。このようにシステムの再生信号処理方式として波形スライス方式を用いた

場合には、どのように高密度化をしても信号劣化成分が増加してしまい、もはや、正しくデータの復号を行うことはできない。

【0014】波長 $\lambda$  ( $\mu\text{m}$ )、対物レンズ開口数NAの光学系では、ビットの繰り返し周期が $\lambda/(2NA)$   $\mu\text{m}$ 以上のときに再生信号の振幅が現れる。光ディスクのトラック密度TP ( $\mu\text{m}/\text{トラック}$ )、線密度BP ( $\mu\text{m}/\text{ビット}$ )、使用する変調符号のd制約D、符号化効率Rとする。この場合、トラッキングを可能とするためには、トラック密度TPを次式の関係にする必要がある。

【0015】

【数5】

(3)

【0016】

【数6】

(4)

また、再生信号が現れるためには、最短ビット長が $(D+1)R \cdot BP$ であることから、線密度BPを次式の関係にする必要がある。

$$BP > \frac{1}{2(D+1)R} \cdot \frac{\lambda}{2NA}$$

【0017】現行DVDシステムの光学系および現行DVDで情報の記録に使用されている8/16変調符号のパラメータを式(3)、(4)の右辺に代入すると、

$$\lambda/(2NA) = 0.65/(2 \cdot 0.6) = 0.54$$

$$1/\{2(D+1)R\} \cdot \lambda/(2NA) = 1/\{2(2+1)1/2\} \cdot 0.65/(2 \cdot 0.6) = 0.$$

となる。現行DVDでは、 $TP=0.74$ 、 $BP=0.267$ であるから、現行DVDシステムと同じ光学系を用いて、現行DVDに比べて1.25倍高密度化した光ディスクを再生した場合、再生信号のSNR（信号対雑音比）は低下するが、トラッキングが全く不能になったり、再生信号が全く無くなる訳ではない。

【0018】このように再生信号のSNRが低下した場合の再生信号処理方式として、波形スライス方式の代わりにPRML(Partial Response and Maximum Likelihood)方式の利用が検討されている。PRML方式においては、まず等化器でPR特性と呼ばれる識別点間で既知の相関を持った波形へと等化される。

【0019】図5を用いて種々のPR特性について説明する。図5(a)～(d)は、図4(a)～(d)と同様であり、それぞれ記録データ、記録波形、ビット系列、再生波形を示す。図5(d)の再生波形に対し、等化器でPR(1, 1)特性、PR(1, 2, 1)特性、PR(1, 2, 2, 1)特性に基づく等化を行った場合の等化後の波形を図5(e)(f)(g)にそれぞれ示す。PR(1, 1)特性とは、インパルス応答が、連続する2識別点に各々1:1の割合で現れる特性をいう。PR(1, 2, 1)特性とは、インパルス応答が、連続する3識別点に各々1:2:1の割合で現れる特性をいう。PR(1, 2, 2, 1)特性とは、インパルス応答が、連続する4識別点に各々1:2:2:1の割合で現れる特性をいう。図示しないが、他のPR特性についても同様である。

【0020】図5(e)(f)(g)に示した通り、PR(1, 1)特性→PR(1, 2, 1)特性→PR(1, 2, 2, 1)特性の順に等化後の波形は鈍った特性になっていることが分かる。PRML方式では、再生波形の特性に近いPR特性で波形等化することにより、等化器での信号劣化成分の増加を抑制できる。

【0021】一方、PRML方式の再生信号処理系において、等化器の後に配置される検出器には、最尤復号器の代表的な一つであるヴィタビ復号器が一般に用いられる。等化器で再生波形がPR(1, 2, 2, 1)特性に等化されたとすると、ヴィタビ復号器はPR(1, 2, 2, 1)特性を満たす全ての系列の中から等化波形のサンプル系列との誤差が最も小さい系列を選択し、選択された系列に対応する2値データ（復号データ）を出力する。この様子を図6に示す。PRML方式では、復号を1つのサンプル値から行うのではなく、複数のサンプル値から行うため、サンプル値間で相関を持たない信号劣化成分に対する耐性が高い。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、再生用レーザの経路長化および対物レンズ開口数の増加により達成されるビームスポットの微小分以上に光ディスク

を高密度化しようとする場合、再生信号処理方式として波形スライス方式の代わりにPRML方式を採用することが望ましい。

【0023】その場合、PRML方式により達成される記録密度の高密度化分をトラック密度および線密度にどのように割り振るかを考える必要がある。しかし、従来ではこの割り振りについて特に考えられていなかった。

【0024】本発明は、再生信号処理方式としてPRML方式を採用することにより達成される高密度化分のトラック密度方向および線密度方向への割り振りを規定し、現行DVDに比べてビームスポットの微小分以上に高密度化された光ディスクおよび該光ディスクに記録された情報を再生する光ディスク装置を提供することを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】上記の問題を解決するため、本発明の基本的な考えは、再生信号処理系にPRML方式を採用することにより達成される光ディスクの高密度化分をトラック密度と線密度に均等に割り振るか、あるいはトラック密度により多く割り振る、というものである。

【0026】具体的には、d制約D、符号化効率Rの変調符号を用いてトラック密度TP( $\mu\text{m}/\text{トラック}$ )、線密度BP( $\mu\text{m}/\text{ビット}$ )で情報が記録された光ディスクであって、波長 $\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )の再生用光源および開口数NAの対物レンズを含む光学系と、PRML方式による再生信号処理系で情報を再生する光ディスクであって、

【0027】

【数7】

$$TP > \frac{\lambda}{2NA}$$

$$BP > \frac{1}{2(D+1)R} \cdot \frac{\lambda}{2NA}$$

$$TP \cdot BP \leq 0.185 \left( \frac{\lambda}{NA} \right)^2$$

$$0.361 \leq \frac{BP}{TP} \leq \frac{1}{(D+1)R}$$

の条件、または

【0028】

【数8】

$$TP = \frac{\lambda}{2NA}$$

$$BP = \frac{1}{2(D+1)R} \cdot \frac{\lambda}{2NA}$$

$$TP \cdot BP < 0.135 \left\{ \frac{1}{NA} \right\}$$

$$0.961 < \frac{BP}{TP} < 0.45$$

の条件を満たすように構成したことを特徴とする。

【0029】このように構成された光ディスクによると、PRML方式の効果が十分に発揮され、高密度に情報が記録されているにも関わらず、十分な信頼度でデータの復号を可能とすることができる。

【0030】また、本発明によると、このような光ディスクと、この光ディスクに記録された情報を再生するために波長 $\lambda$  ( $\mu\text{m}$ )の再生用光源および開口数NAの対物レンズを含む光学系と、PRML方式による再生信号処理手段とを有する光ディスク装置が提供される。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。まず、図4を用いて本発明の一実施形態に係る光ディスク装置について説明する。図4において、光ディスク1にはd制約D、符号化効率Rの突調

符号を用いて後述する条件に従って設定されたトラック密度TP ( $\mu\text{m}/\text{トラック}$ )、線密度BP ( $\mu\text{m}/\text{トラック}$ )で情報が記録されている。

【0032】この光ディスク1に記録された情報を再生する場合、まずREAD信号(読み出し指令信号)がLDドライバ2に入力され、このLDドライバ2により駆動されて再生用光源であるLD(レーザダイオード)3から光ビームが出射される。LD3から出射された光ビームは、コリメートレンズ4で平行光束とされた後、対物レンズ5により光ディスク1上のビット系列(トラック)に集光される。光ディスク1により反射されたビームは、ビームスプリッタ5で分光された後、集光レンズ7で光検出器8上に集光される。光検出器8では、入射した反射光の光量が電気信号に変換され、これが再生信号として出力される。

【0033】光検出器8から出力される再生信号は、増幅器9で増幅された後、再生信号処理系10に入力される。再生信号処理系10では、まず入力された再生信号が等化器11で所定のPR等化特性により波形等化が行われ、次いでヴィタビ復号器を含む検出器12によりデータの復号が行われる。次に、表1および図2～図3を用いて、光ディスク1の構成について詳しく説明する。

【0034】

【表1】

	仕様1	仕様2	仕様3	DVD相当
記憶容量	1.5GB	1.5GB	1.5GB	1.2GB
トラック密度 TP ( $\mu\text{m}/\text{トラック}$ )	0.47 (1.00)	0.42 (1.25)	0.38 (1.25)	0.47 (1.00)
線密度 BP ( $\mu\text{m}/\text{ビット}$ )	0.19 (1.25)	0.15 (1.25)	0.17 (1.00)	0.17 (1.00)
BP/TP	0.277	0.361	0.461	0.361
符号検出方式	PRML (相長4)	PRML (相長4)	PRML (相長4)	PRML (相長4)

( ) 内は相長比を表す

【0035】例として、LD3の波長(再生用光ビームの波長) $\lambda$ は $0.41\mu\text{m}$ 、対物レンズ5の開口数NAは0.6とする。このような光ヘッドを用いて、表1に示す各種条件の光ディスクを再生する。表1において、「DVD相当」は現行DVDに対してトラック密度TP、線密度BPを各々光源であるレーザの経波長分に相当する1.58倍( $=0.65/0.41$ )高密度化した条件であり、このとき記憶容量は1.2GBである。仕様1～3は、このDVD相当を1.25倍高密度化したもので、いずれも記憶容量は1.5GBである。これ

は、先に述べた高精密DVDに要求される記憶容量である。

【0036】この1.25倍の高密度化の割り振りは、仕様1～3で異なっている。仕様1はDVD相当の線密度を1.25倍した条件、仕様2はDVD相当のトラック密度、線密度を各々1.25の平方根倍した条件、仕様3はDVD相当のトラック密度を1.25倍した条件となっている。この結果、線密度BPとトラック密度TPの比BP/TPは、DVD相当では0.361、仕様1では0.277、仕様2では0.361、仕様3では

0.451となっている。また、DVD相当の再生信号処理方式は現行DVDと同じ波形式スライス方式、仕様1～3での再生信号処理方式は拘束長4のPRML方式とした。

【0037】図1は、変調符号としてDVDと同じ8/16変調を使用した際のCNR（キャリア・ノイズ比）-BER（ビット誤り率）特性を示している。現行DVDでは、BERとして10<sup>-4</sup>以下が要求されることから、BER=10<sup>-4</sup>としても仕様を評価すると、仕様1では現行DVDよりも性能が劣ることが分かる。これに対し、仕様2および仕様3はDVDよりも性能が優れており、また仕様2と仕様3を比較すると、仕様2の方が優れていることが分かる。

【0038】図2は、DVD相当の変調符号に8/16変調を使用し、仕様1～3の変調符号にd制約1の

$$0.261 \leq \frac{BP}{TP}$$

【0041】次に、BP/TPの上限について考える。光ディスク上の隣接するトラック間でビットが重なることを避けるためには、トラック密度TPはビットの幅よりも大きくなければならない。光ディスクへのビットの記録は、一般にスポットの形状が円形のビームで行う。このことから、（ビット幅）≒（最短ビット長）となる。ビット幅が短い場合には、再生信号が十分現れない

$$0.361 \leq \frac{BP}{TP} \leq \frac{1}{(D-1) \times \lambda}$$

【0043】また、BP/TPの上限については、仕様3の0.451としてもよいことは明らかであり、その場合はBP/TPを次式を満たす範囲に設定すればよい

$$0.261 \leq \frac{BP}{TP} \leq 0.451$$

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば光ディスクのトラック密度および線密度を適切な範囲に設定することにより、再生信号処理方式としてPRML方式が採用された際、その性能を十分に引き出すことができることから、DVDに比べ再生ビームスポットの縮小分以上に高密度化が達成されているにも関わらず、正しくデータの復号が可能な光ディスクおよび光ディスクと再生信号処理系を含む光ディスク装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光ディスクの条件を説明するための8/16変調符号を使用して記録したDVD相当および仕様1～3の光ディスクのCNR-BER特性を示す図

【図2】本発明による光ディスクの条件を説明するための8/16変調符号を使用して記録したDVD相当および（1，7）RLL符号を使用して記録した仕様1～3の光ディスクのCNR-BER特性を示す図

（1，7）RLLを使用した際のCNR-BER特性を示したものである。この結果より、仕様1～3はDVD相当以上の性能が得られることが分かる。しかしながら、仕様1は仕様2および仕様3に比べ性能が劣っており、仕様2と仕様3については明確な差が見られない。

【0039】これらのことから、PRML方式により達成される高密度化分は、トラック密度TPと線密度BPに均等に割り振るか（仕様2）、あるいはトラック密度TPへのみ割り振ること（仕様3）が望ましい。すなわち、次式に示すように線密度BPとトラック密度TPの比BP/TPを仕様2の0.361以上（仕様3では0.451）とすることによって、PRML方式の性能が十分に発揮される。

【0040】

【数9】

（6）

ことから、（ビット幅）～（最短ビット長）となるように高密度光ディスクは製造される。すなわち、BP/TP < 1 / { (D+1) R } となることから、BP/TPは次式を満たす範囲に設定すればよいことになる。

【0042】

【数10】

（6）

ことになる。

【0044】

【数11】

（7）

【図3】本発明の一実施形態に係る光ディスク装置の構成を示すブロック図

【図4】波形式スライス方式の動作を説明するための波形式図

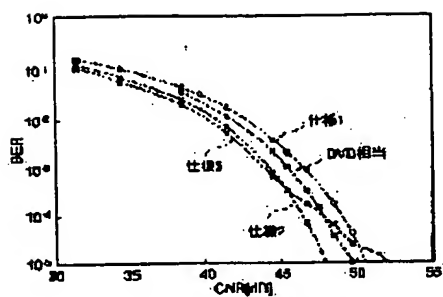
【図5】PRML方式で使用される各種PR特性を説明するための波形式図

【図6】ヴィタビ復号器の動作を説明するための図

【符号の説明】

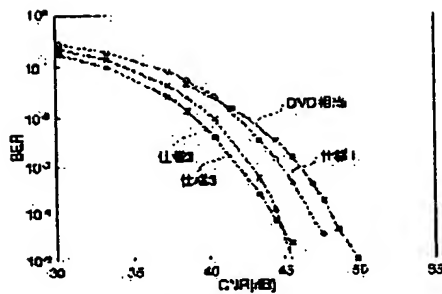
- 1…光ディスク
- 2…LDドライバ
- 3…レーザダイオード（LD）
- 4…コリメートレンズ
- 5…ビームスプリッタ
- 6…対物レンズ
- 7…集光レンズ
- 8…光検出器
- 9…増幅器
- 10…再生信号処理系
- 11…等化器

【図1】



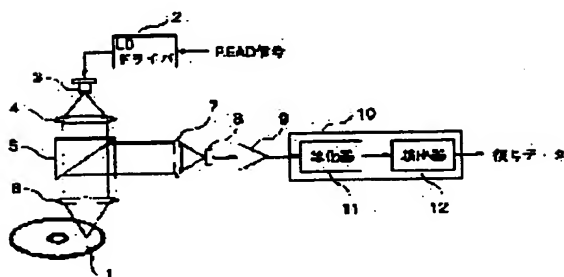
UNIT: 10dB/10dB

【図2】

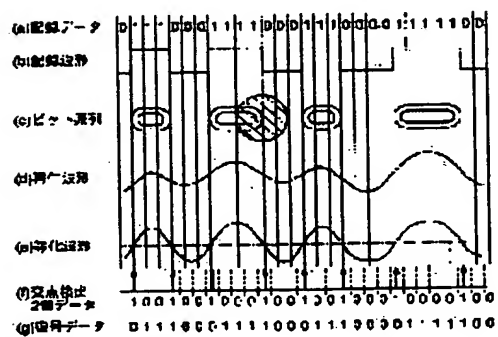


CNR-BER特性 (1,2) RLL

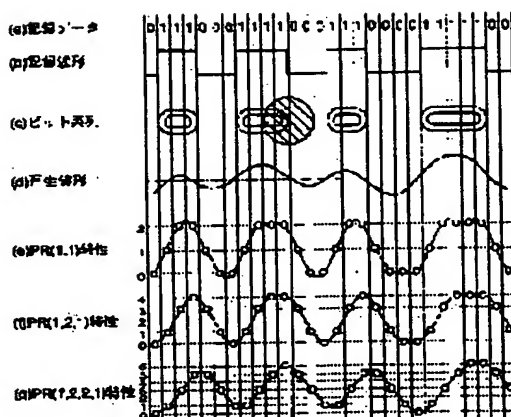
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

